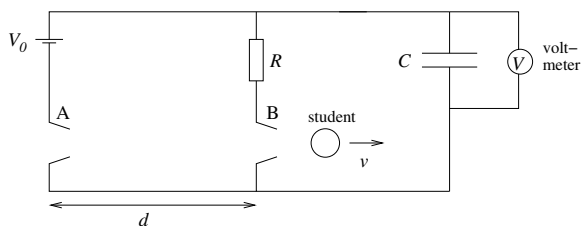
Institutt for fysikk, NTNU
TFY4155/FY1003: Elektrisitet og magnetisme
Vår 2006

Øving 12

Veiledning: Torsdag 30. mars
Innleveringsfrist: Mandag 3. april

Oppgave 1

Kretsen på figuren skal brukes til å måle hvor fort en fysikkstudent løper. Før studenten begynner å løpe går det en konstant strøm i kretsen. Spenningskilden er $V_0 = 9.00$ kV, motstanden $R = 1.00$ MΩ og kapasitansen $C = 150$ nF. Avstanden d er 100 cm. Studenten bryter kretsen først i punktet A, deretter i punktet B. Nå viser voltmeteret V at vi har en potensialforskjell på 3.58 kV mellom kondensatorplatene. Hvor fort løper studenten?

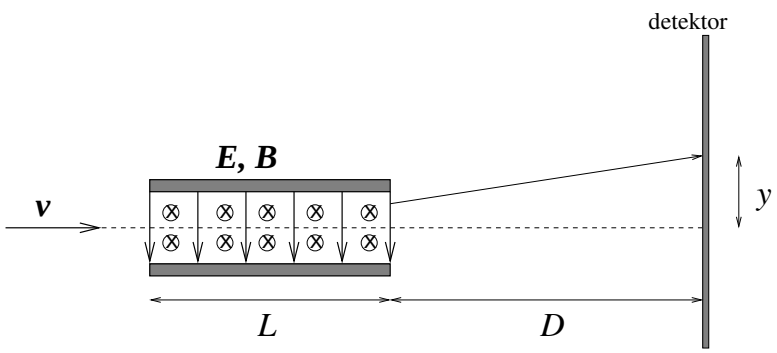


(Et ideelt voltmeter måler rett og slett potensialforskjellen mellom to punkter i en krets uten å påvirke kretsen forøvrig. Det går for eksempel ingen strøm gjennom et ideelt voltmeter.)

[Svar: ca 26 km/t]

Oppgave 2

Partikler med masse m, ladning q og hastighet $\boldsymbol{v}$ kommer inn i et område med "krysset" elektrisk og magnetisk felt, $\boldsymbol{E}$ og $\boldsymbol{B}$, som vist i figuren. $\boldsymbol{E}$ har retning nedover, $\boldsymbol{B}$ har retning inn i papirplanet. I området med utstrekning L antar vi at feltene er homogene. Utenfor dette området er $\boldsymbol{E} = \boldsymbol{B} = 0$.



Du holder den elektriske feltstyrken E konstant gjennom hele eksperimentet. Først setter du $B = 0$ og registrerer at partiklene avbøyes og treffer detektoren i en avstand y ovenfor senterlinjen (som er stiplet). Deretter gjentar du forsøket, men nå justerer du verdien av B inntil partiklene ikke bøyes av.
Vis at forholdet mellom partiklenes ladning og masse er proporsjonal med avbøyningen (når $B = 0$), dvs

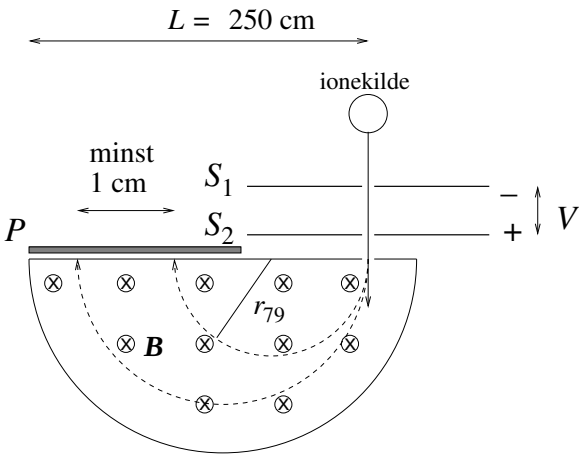
$$\frac{q}{m} = -ay,$$

og finn størrelsen a uttrykt ved E, B, D og L.

Oppgitt: $\boldsymbol{F} = q\,(\boldsymbol{E} + \boldsymbol{v} \times \boldsymbol{B})$ (Lorentzkraften)

På denne måten analyserte J. J. Thomson i 1897 såkalte katodestråler og påviste at disse bestod av en bestemt type partikler med negativ ladning. Dette er nettopp elektroner som emitteres fra metallet i katoden. Thomson var altså den første som bestemte forholdet e/m_e. Thomson fant det samme forholdet uavhengig av hva slags metall han brukte i katoden og kunne konkludere med at de observerte partiklene måtte være en *fundamental* ingrediens i naturen.

Oppgave 3



Figuren viser et massespektrometer. En ionekilde emitterer ladete partikler. Åpningene S_1 og S_2 sørger for at en godt samlet (*kollimert*) partikkelstråle kommer inn i området med magnetfelt $\boldsymbol{B}$ (som har retning inn i papirplanet). Mellom S_1 og S_2 har vi en spenningsforskjell V som akselererer ionene. Hastigheten ved S_2 er mye større enn ved S_1, slik at vi kan sette $v = 0$ ved S_1. Ionene bøyes i alt 180° av magnetfeltet og detekteres på en fotografisk plate P.
Spektrometeret skal brukes til å separere bromisotopene ^{79}Br og ^{81}Br. Kilden sender ut disse isotopene i form av ioner med ladning $-e$. Anta at isotopene har atommasser henholdsvis $79m_p$ og $81m_p$.
På den fotografiske platen ønskes isotopenes treffpunkt adskilt med en avstand på minst 1.0 cm. Samtidig må vi sørge for at begge isotopenes treffpunkt havner *på* den fotografiske platen, som har en bredde $L = 250$ cm, målt fra der ionene kommer inn i magnetfeltet. Med disse

betingelsene, hva blir øvre og nedre grense for styrken på magnetfeltet B når akselerasjonsspenningen V er 400 V?

Oppgitt: $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C, $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27}$ kg [Ett av svarene: $B_{\text{min}} = 21$ mT]